



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**ECOFISIOLOGIA DE LIMA ÁCIDA TAHITI CONDICIONADA A PORTA-
ENXERTOS E SALINIDADE DA ÁGUA NA FASE REPRODUTIVA**

**Fisiologia de lima ácida tahiti sob porta- enxertos e salinidade da água na fase
reprodutiva**

Área do conhecimento: 5.00.00.00-4 - Ciências Agrárias
Subárea do conhecimento: 5.03.00.00-8 - Engenharia agrícola
Especialidade do conhecimento: 5.03.02.00-0 - Engenharia de Água e Solo

Relatório Final
Período da bolsa: 08/ 2019 a 07/ 2020

PIBIC/CNPq

Orientador: Dr. Marcos Eric Barbosa Brito
Autor: Tainá Alves da Silva



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1 Localização e clima	4
3.2 Delineamento estatístico e tratamentos.....	4
3.3 Águas de irrigação	5
3.4 Instalação e condução do experimento	5
3.5 Manejo	6
3.6 Aspectos fisiológicos	7
3.6.1 Trocas gasosas das plantas.....	7
3.6.2 Fluorescência da clorofila	7
3.6.3 Índice SPAD de clorofila	8
3.6.4 Produção	8
3.7 Análise estatística	8

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
4.1	Trocas gasosas	9
4.2	Fluorescência da clorofila <i>a</i>	13
4.3	Produção	17
5.	CONCLUSÕES.....	20
6.	PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS.....	21
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
8.	Grupo de Estudos em Salinidade e Irrigação (GESI)	27
8.1	Participações em eventos	27
8.2	Minicursos	28

1. INTRODUÇÃO

Os citros correspondem a plantas de vários gêneros, a exemplo do *Citrus* (L.) da *Fortunella* (Swing.), do *Poncirus* (Raf.), entre outros que estão na família Rutaceae, sendo nativas do sudeste asiático (SWINGLE & REECE, 1967; SCORA, 1975; SOOST & CAMERON, 1975). A citricultura é um importante segmento da agricultura em âmbito mundial e nacional, no Brasil as espécies cultivadas nos pomares comerciais como variedades copas, são representadas pelas laranjeiras doces [*C. sinensis* (L.) Osbeck], tangerineiras (diversas espécies), os limoeiros verdadeiros [*C. limon* (L.) Burm. f.] , as limeiras ácidas e doces (diversas espécies), e os pomeleiros (*C. paradisi* Macfad.).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas e o maior exportador de suco concentrado e pasteurizado de laranja (IBGE, 2019). Destaca-se, também, o crescimento da exportação de limões e limas, frescos e secos, incluindo a lima ácida Tahiti, que no primeiro semestre de 2020 alcançou o valor de 43,58 mil toneladas (SECEX, 2020). A produção dessas frutas está concentrada, principalmente, nas regiões Sudeste e Nordeste, embora os cultivos estejam distribuídos em todas as regiões do país.

A importância da citricultura é ainda mais notória no Nordeste Brasileiro, devido a geração de empregos, renda, além de benefícios sociais e alimentares. Embora nessa região a produtividade seja considerada baixa, cerca de 13,8 t ha⁻¹ (IBGE, 2019), visto ao potencial da cultura, que pode chegar a uma produtividade de 50 t ha⁻¹ (MATSUURA et al., 2005), o que pode ser alcançado com uso de combinações copa/porta-enxertos adaptados, além das condições de manejo.

A baixa produtividade citrícola da região Nordeste pode ainda, estar relacionada ao uso de porta-enxertos com baixo potencial produtivo, além do déficit hídrico natural existente na região, fazendo-se necessário o uso de sistemas de irrigação para dirimir as eventualidades climáticas. Todavia, nesta região, a maior parte da água disponível, notadamente àquela disposta no subsolo, possui altos níveis de condutividade elétrica, limitando o uso na irrigação, já que a salinidade pode ocasionar distúrbios de natureza osmótica e ou iônica (RESENDE et al., 2009; GHEYI et al., 2016).

A salinidade da água pode afetar o crescimento, as trocas gasosas e o processo fotossintético das plantas de citros (BRITO et al., 2014; BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2018). Entretanto, em trabalhos desenvolvidos por alguns autores, a exemplo de (BRITO

et al., 2008; FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2015; BARBOSA et al., 2017), é possível notar que o efeito da salinidade nas plantas cítricas é varável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre as fases de desenvolvimento e genótipos. Assim, para identificar essas alterações é preciso realizar avaliações de todo o ciclo de produção da cultura.

Levando em consideração trabalhos desenvolvidos anteriormente, como os de Silva et al. (2012), Brito et al. (2016), Barbosa et al. (2017), Brito et al. (2017) e Brito et al. (2018), em que alguns materiais (porta-enxertos) foram firmados como possíveis tolerantes na fase de formação do porta-enxerto, na fase de formação da muda enxertada (BRITO et al., 2014 e BRITO et al., 2015) e na fase de prefloração em campo (SILVA, 2017), há atualmente a necessidade de identificar mecanismos fisiológicos de tolerância a salinidade na fase de produção em campo.

Visto isso, estudar a limeira ácida Tahiti enxertada em diferentes porta-enxertos oriundos de progênies, e sob estresse salino durante o seu primeiro ano de produção pode contribuir para firmar materiais como tolerantes, além de permitir identificar mecanismos de tolerância ao estresse, por meio de análises fisiológicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os aspectos fisiológicos da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em porta-enxertos de citros oriundos de progênes sob condições de salinidade da água de irrigação na fase reprodutiva do primeiro ano de produção.

2.2 Objetivos específicos

- a) Distinguir as alterações fisiológicas das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água na fase reprodutiva do primeiro ano de produção, com a determinação das trocas gasosas, fluorescência da clorofila e produção;
- b) Estabelecer o tipo de água mais adequado à irrigação de combinações copa/porta enxerto de citros, por meio das avaliações fisiológicas.

3. METODOLOGIA

3.1 Localização e clima

O experimento foi realizado em campo, na fazenda experimental do Campus do Sertão, da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizado no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, (10°12'18" de latitude S e 37°19'39" de longitude W e altitude de 294 m). Onde se tem, predominantemente, o clima semiárido quente e seco, com precipitação média de 750 mm e temperatura média anual de 24 °C.

3.2 Delineamento estatístico e tratamentos

O experimento foi realizado usando-se um delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjados a partir de uma parcela subdividida, considerando-se:

- a) Parcela: 13 combinações copa/porta-enxerto (genótipos), relativos à limeira ácida 'Tahiti' enxertada em 13 genótipos de porta-enxerto, todos provenientes do programa de melhoramento genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, estando descritos na (Tabela 1).
- b) Sub-parcela: três tipos de água (salinidade), essas com condutividade elétrica (CEa) de 0,14 dS m⁻¹, 2,4 dS m⁻¹ e de 4,8 dS m⁻¹. Sua aplicação aos genótipos iniciou-se aos 30 dias após o transplante (DAT) e perdurou até o período das avaliações onde as mudas se encontravam na fase reprodutiva.

Tabela 1. Relação das combinações copa/porta-enxerto (genótipos). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Ordem	Genótipo	Ordem	Genótipo
1	Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'	8	TSKC x CTTR – 012
2	Citrandarin Índio	9	TSKFL x CTTR – 013
3	Citrandarin Riverside	10	HTR – 069
4	Citrandarin San Diego	11	TSKC x (LCR x TR) – 040
5	Tangerineira Sunki Tropical	12	TSKC x (LCR x TR) – 059
6	TSKC x TRBK – 007	13	TSKC x CTARG – 019
7	TSKFL x TRBK – 030		

HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira Sunki Comum; TR = Poncirus trifoliata; TSKFL = tangerineira Sunki seleção da Flórida; TRBK = Poncirus trifoliata Beneke; CTARG = citrange Argentina; CTTR = citrange Troyer.

Assim, tem-se, como resultado, 39 tratamentos (13 combinações copa/porta-enxerto x 3 tipos de água salina), repetidos em 4 blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 156 parcelas.

3.3 Águas de irrigação

As águas de irrigação foram preparadas de duas formas, a primeira era proveniente do abastecimento local, a qual era oriunda do Rio São Francisco, com condutividade elétrica (CEa) de $0,14 \text{ dS m}^{-1}$, e as outras duas a partir da diluição da água do Rio São Francisco com água de um poço tubular localizado no município de Nossa Senhora da Glória, o qual possuía uma condutividade elétrica da água (CEa) de $30,0 \text{ dS m}^{-1}$, e com a diluição ficou nos valores de (CEa) de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,8 \text{ dS m}^{-1}$. A aferição de tais valores foi realizada com o uso de um condutivímetro portátil microprocessado, com ajuste automático de temperatura à 25°C .

As águas ficaram armazenadas em recipientes plásticos de 1000 Litros, uma para cada tipo de água utilizada, os quais foram devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

3.4 Instalação e condução do experimento

As mudas de cada porta-enxerto de citros foram enxertada com a limeira ácida ‘Tahiti’, sendo obtidas junto ao viveiro de produção de mudas Tamafe®, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas- BA, seguindo as recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se materiais de origem apogâmica. As mesmas foram produzidas em sacolas plásticas com capacidade de 2.000 mL, preenchido com substrato comercial. As mudas ficaram nessa condição até estarem aptas ao transplante, o que compreendeu um período anterior ao transplante correspondente a 10 meses.

O transplante das mudas de citros para a fazenda experimental do Campus do Sertão ocorreu no ano de 2018 (Figura 1 A e B) a partir daí as plantas passaram a serem cultivadas em lisímetros de 60 L, o solo utilizado no preenchimento dos recipientes foi retirado de uma área próxima da pesquisa, caracterizado como ARGISSOLO Vermelho Amarelo, seguindo os seus horizontes diagnósticos, e devidamente peneirado. No enchimento dos lisímetros, primeiramente foi incluso uma camada de 4 cm de brita, seguida por uma camada de solo de 17 cm de altura, posteriormente outra camada de 17 cm de solo, na qual se inclui 10 L de esterco, sendo assim, cada lisímetro foi preenchido com 45 Litros de solo e 10 Litros de esterco bovino, totalizando 55 Litros.

Até os 30 dias após o transplante, as plantas receberam água com baixa condutividade elétrica (CEa), água do rio São Francisco, proveniente do sistema de abastecimento local, a partir deste período começou a aplicação dos distintos tipos de água. As irrigações eram realizadas a cada dois dias, com uso de sistema de irrigação por gotejamento instalado nos lisímetros, com as plantas já adaptadas ao ambiente.

O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, que foi acrescida de uma fração de lixiviação, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9, o que corresponde a uma fração de lixiviação de 10%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, usando-se, no cálculo, a Expressão 1 (Exp. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Exp. 1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10% (1-0,10).

Para realização da coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, de modo a conectar uma mangueira, a qual permite o fluxo do fluido drenado para um recipiente, vaso de 18 L, possibilitando mensurar o volume drenado.

3.5 Manejo

O manejo nutricional seguiu as recomendações propostas em (MATTOS JUNIOR et al., 2005), e foram adotados os demais cuidados no controle de plantas daninhas, prevenção e controle de pragas e doenças, normalmente recomendados na produção de citros (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Também, foram realizadas limpezas no sistema de irrigação, preparo das soluções das águas de tratamentos e coleta dos frutos (Figura 1 C).



Figura 1. Instalação do experimento (A), transplântio das mudas de citros (B), irrigação das plantas (C). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

3.6 Aspectos fisiológicos

3.6.1 Trocas gasosas das plantas

Determinou-se as trocas gasosas das plantas usando-se de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro⁺) com luz constante de $1.200 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice, obtendo-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i). De posse desses dados, foram quantificadas, a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) por meio da divisão (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c ($EiCi$), por meio da divisão (A/C_i) (KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006) (Figura 2A).

3.6.2 Fluorescência da clorofila

No mesmo período de avaliação das trocas gasosas, determinou-se a fluorescência da clorofila a , usando-se de um Fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizando o protocolo OJIP, a fim de determinar as variáveis de indução de fluorescência na fase bioquímica: Fluorescência inicial (O), a fluorescência transiente J (J), a fluorescência transiente I (I) e a Fluorescência máxima (P). A partir destes dados, calculou-se a fluorescência variável através da subtração ($F_v = P - O$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II através da divisão (F_v/P) (GENTY et al., 1989); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período 40 minutos, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivesse oxidados, ou seja, os centros de reação estivesse abertos.



Figura 2. Ilustração de realização de avaliações fisiológicas com uso do analisador de gás no infravermelho (IRGA) (A) e do clorofilometro (B), assim como a realização de colheita de frutos (C). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Após as avaliações da fluorescência com adaptação ao escuro, procedeu-se as avaliações em condições de iluminação, usando-se do protocolo 'Yield', aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip) a fim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_m') e eficiência quântica do fotossistema II Y(II).

A partir destes resultados, determinou-se a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (F_o'), O coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (q_L), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO) usando metodologias descritas em Oxborough e Baker (1997) e Kramer et al. (2004).

3.6.3 Índice SPAD de clorofila

Determinou-se, ainda, no mesmo período da avaliação das trocas gasosas, o índice SPAD de clorofila (SPAD), o qual foi determinada mediante três leituras em cada parcela por meio de um clorofilômetro, modelo ATLeaf (Figura 2B).

3.6.4 Produção

Durante a fase de reprodutiva, a medida em que os frutos estavam em estágio de colheita (GAYET e SALVO FILHO, 2003), procedeu-se a contagem a pesagem dos frutos, a fim de determinar o número de frutos por planta (NFr) e a produção por planta (Produção) (g por planta) (Figura 2C).

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado o teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, até 5% de probabilidade) para o fator combinação copa/porta-enxerto, e teste de médias (Tukey, $p \leq 0,05$) entre os tipos de água, ambos usando o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Trocas gasosas

Ao avaliar as trocas gasosas (Tabela 2), verificou-se efeito significativo da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água para as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e a eficiência intrínseca da carboxilação (*EiCi*) ($p \leq 0,05$). De maneira semelhante, houve diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para o fator salinidade nas variáveis *A*, *E*, *gs*, *EiCi*, e de ($p \leq 0,05$) em *Ci*. Para o fator genótipo notou-se diferenças significativas de ($p \leq 0,01$) para *A*, *E*, *gs* e *EiCi*. Enquanto na eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) não houve significância sobre nenhum dos fatores. Ficando evidente que a salinidade da água afeta de forma diferenciada os porta-enxertos de citros na maioria das variáveis de trocas gasosa estudadas.

Os efeitos da salinidade sobre os vegetais podem ser de ordem osmótica ou iônica, o primeiro corresponde a diminuição do potencial osmótico, e o segundo estar relacionado ao desbalanceamento nutricional, devido à elevada concentração de íons específicos, o que promove uma série de efeitos negativos na fisiologia das plantas, dentre os quais, as trocas gasosas são seriamente prejudicadas (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011).

Tabela 2. Resumo da análise de variância relativa as trocas gasosas das plantas para as variáveis taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e a eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Bloco	3	15,5781**	0,1015 ^{ns}	0,0057**	6624,621**	11,456 ^{ns}	0,00006 ^{ns}
Gen.	12	13,4054**	0,4518**	0,0039**	1116,853 ^{ns}	6,1785 ^{ns}	0,0002**
Erro 1	36	1,6734	0,1565	0,0006	1102,876	6,4194	0,00004
Salinidade	2	13,0319**	0,5770**	0,0030**	2166,160*	1,3231 ^{ns}	0,0002**
Gen.x Sal	24	3,4415**	0,1569*	0,0006**	398,861 ^{ns}	4,9946 ^{ns}	0,00007**
Erro 2	78	1,3732	0,0884	0,0003	510,670	6,0904	0,00003
CV 1 (%)		21,86	30,53	38,42	15,32	51,97	24,99
CV 2 (%)		19,80	22,96	27,09	10,42	50,62	21,98
Média		5,9188	1,2955	0,0641	216,8397	4,8753	0,0275

ns = não significativo; * e ** significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Estudando os efeitos da salinidade na concentração interna de CO₂ (*C_i*) através do teste de médias (Tabela 3), nota-se que o aumento da salinidade da água ocasionou reduções nessa variável, obtendo uma variação de 223,8846 a 215,4230 (CO₂) $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, onde o maior valor foi observado nas plantas irrigadas com a água de menor salinidade. Todavia, esses valores de (*C_i*) estão dentro da faixa de valores considerados ideais que são entre 200 e 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para plantas de metabolismo C3 como é o caso dos citros (TAIZ et al., 2017).

Tabela 3. Teste de médias da variável concentração interna de CO₂ (*C_i*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade (dS m ⁻¹)	<i>C_i</i>
0,14	223,8846 a
2,4	211,2115 b
4,8	215,4230 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Analisando a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade (Tabela 4), verificou-se que as combinações de ‘Tahiti’ com o citrandarin ‘Riverside’, e o híbrido entre a tangerineira ‘Sunki comum’ (TSKC), o limoeiro ‘Cravo’ (LCR) e o *Poncirus trifoliata* - 040 – [TSKC x (LCR x TR) – 040] foram enquadradas nos grupos de maiores médias, tanto na menor quanto no maior nível de salinidade estudado, o que denota o potencial fisiológico destes materiais.

Por outro lado, quando se irrigou com águas de 4,8 dS m⁻¹, nota-se, também, entre os porta-enxertos que conferiram maiores valores médios de fotossíntese líquida (*A*), o citrandarin ‘Índio’, a ‘Sunki Tropical’, o híbrido entre a tangerineira Sunki comum (TSKC) e o *Poncirus trifoliata* ‘Benecke’ (TRBK) – 007 [(TSKC x TRBK – 007)], o híbrido entre a tangerineira Sunki da Flórida (TSKFL) com o TRBK – 030 [(TSKFL x TRBK – 030)], o híbrido trifioado – 069 [(HTR – 069)] e o híbrido entre o TSKC, o limoeiro ‘Cravo’ (LCR) e o *P. trifoliata* – 059 [TSKC x (LCR x TR) – 059], sendo este registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com o nome de BRS ‘Bravo’.

Por outro lado, é notado que as maiores reduções na fotossíntese líquida (*A*) (Tabela 4) foram observadas nas plantas sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’, e nos híbridos TSKC x citrange ‘Troyer’ (CTTR) – 012 (TSKC x

CTTR - 012), TSKC x (LCR x TR) – 040 e TSKC x citrange ‘Argentina’ (CTARG) – 019 (TSKC x CTARG – 019), com valores na ordem de 34,5%, 23,2%, 45,8%, 28,5 e 40,4%, respectivamente, quando se compara os valores obtidos no menor nível de salinidade com aqueles das plantas irrigadas com água de 4,8 dS m⁻¹.

Tabela 4. Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis de taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e transpiração (*E*), das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Porta-enxerto \ Salinidade	<i>A</i>			<i>E</i>		
	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’	7,70aB	7,66aA	5,04bB	1,83aA	1,55abA	1,16bA
Citrandarin ‘Indio’	5,97aC	5,71aB	5,80aA	1,18aB	1,25aB	1,13aA
Citrandarin ‘Riverside’	9,72aA	8,10abA	7,46bA	2,02aA	1,70aA	1,54aA
Citrandarin ‘San Diego’	5,09aC	4,75aB	4,47aB	1,20aB	1,10aB	1,33aA
Tangerineira ‘Sunki Tropical’	5,05bC	8,02aA	6,17abA	1,33aB	1,60aA	1,50aA
TSKC x TRBK – 007	6,44aC	6,40aB	5,47aA	1,39aB	1,24aB	1,19aA
TSKFL x TRBK – 030	4,38aC	4,53aB	5,85aA	1,06aB	0,95aB	1,26aA
TSKC x CTTR – 012	6,00aC	4,68abB	3,24bB	1,38aA	1,13abB	0,75bB
TSKFL x CTTR – 013	5,20aC	4,88aB	4,48aB	1,07aB	1,16aB	1,18aA
HTR – 069	6,89aB	6,05aB	5,62aA	1,38aB	1,30aB	1,06aB
TSKC x (LCR x TR) – 040	8,43aA	5,79bB	6,03bA	1,58aA	1,05bB	1,32abA
TSKC x (LCR x TR) – 059	5,61aC	5,96aB	5,55aA	1,32aB	1,39aA	1,43aA
TSKC x CTARG – 019	6,93aB	5,54abB	4,13bB	1,60aA	0,99bB	0,83bB

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta-enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ($p \leq 0,05$) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ($p \leq 0,05$). HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira ‘Sunki Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK = *Poncirus trifoliata* Benecke; CTARG = citrange ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

Todavia, considerando que os valores de taxa de assimilação de CO₂ de plantas cítricas variam de 4 a 10 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Mattos Junior et al., 2005), os valores encontrados podem ser considerados normais, mesmo com irrigação com água de maior salinidade (4,8 dS m⁻¹), à exceção do TSKC x citrange ‘Troyer’ (CTTR) – 012 [TSKC x CTTR – 012], no qual o valor foi abaixo.

Na transpiração (*E*), também disposta na Tabela 4, verificou-se que os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’, [TSKC x CTTR – 012], [TSKC x (LCR x TR) – 040] e o [TSKC x CTARG – 019], proporcionaram maiores valores médios quando irrigados com águas de 0,14 dS m⁻¹. Já quando se aplicou água com CEa de 4,8 dS m⁻¹, foi constatado, nesses porta-enxertos, reduções significativas, à exceção do ‘Riverside’, na ‘Sunki Tropical’ e no [TSKC x (LCR x TR) – 059], o que denota a manutenção do potencial

fisiológico, mesmo sob estresse. Ainda quanto a transpiração, verificou-se os menores valores médios nas plantas sob águas de 4,8 dS m⁻¹ e enxertadas no [TSKC x CTTR – 012], no [HTR – 069] e no [TSKC x CTARG – 019].

A condutância estomática (*gs*) (Tabela 5) foi reduzida pela salinidade de forma diferenciada entre os porta-enxertos, observando-se que valores maiores de *gs* significam que os estômatos da planta estão abertos, o que permite influxo de CO₂ e, conseqüentemente, a substrato para a realização da fotossíntese. Neste sentido, embora se observe que o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e o citrandarin ‘Riverside’ estiveram no grupo de maiores médias quando irrigado com águas de 0,14 dS m⁻¹, quando irrigados com água de 4,8 dS m⁻¹, notam-se decrementos na ordem de 54,5% e 30,8% nos valores de *gs*, o que denota sensibilidade ao estresse salino.

Tabela 5. Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis de condutância estomática (*gs*) e eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (*EiCi*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Porta-enxerto \ Salinidade	<i>gs</i>			<i>EiCi</i>		
	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’	0,11aA	0,08aA	0,05bB	0,029abC	0,035aA	0,024bA
Citrandarin ‘Indio’	0,06aB	0,05aB	0,05aB	0,029aC	0,027aB	0,027aA
Citrandarin ‘Riverside’	0,13aA	0,10bA	0,09bA	0,040aA	0,033aA	0,033aA
Citrandarin ‘San Diego’	0,05aB	0,04aB	0,04aB	0,022aD	0,025aB	0,020aB
Tangerineira ‘Sunki Tropical’	0,06bB	0,09aA	0,08abA	0,023bD	0,038aA	0,026bA
TSKC x TRBK – 007	0,06aB	0,06aB	0,06aB	0,029aC	0,030aB	0,025aA
TSKFL x TRBK – 030	0,05aB	0,04aB	0,06aB	0,020aD	0,024aB	0,027aA
TSKC x CTTR – 012	0,06aB	0,05abB	0,03bB	0,029aC	0,022abB	0,014bB
TSKFL x CTTR – 013	0,05aB	0,05aB	0,05aB	0,020aD	0,024aB	0,022aB
HTR – 069	0,07aB	0,07aB	0,06aB	0,032aB	0,029aB	0,027aA
TSKC x (LCR x TR) – 040	0,08aB	0,06aB	0,06aB	0,041aA	0,029bB	0,031bA
TSKC x (LCR x TR) – 059	0,06aB	0,06aB	0,06aB	0,026aC	0,029aB	0,025aA
TSKC x CTARG – 019	0,07aB	0,04abB	0,03bB	0,032aB	0,027abB	0,021bB

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta- enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ($p \leq 0,05$) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ($p \leq 0,05$). HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira ‘Sunki Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK = *Poncirus trifoliata* Benecke; CTARG = citrange ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

Por outro lado, porta-enxertos como a tangerineira ‘Sunki Tropical’, classificada entre os melhores genótipos quando irrigada com água de 4,8 dS m⁻¹, em conjunto com o ‘Riverside’, não sofreu redução nos valores de condutância ao serem submetidas a tal salinidade, o que denota a menor sensibilidade do material, como evidenciado por outros

autores (Brito et al., 2008; Fernandes et al., 2011; Brito et al., 2014).

Os valores de condutância estomática (g_s) obtidos nesse trabalho (Tabela 5) variou entre 0,03 e 0,13 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, segundo Medina et al. (2005), a g_s para os citros varia de 0,1 a 0,3 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$. No entanto, Carvalho et al. (2016), estudando híbridos de citros, destacaram variações de 0,05 a 0,10 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valores esses que são similares aos desse trabalho.

A eficiência intrínseca da carboxilação Φ_c (E_iC_i), também apresentada na Tabela 5, representa a eficiência da planta em realizar fotossíntese diante da concentração intercelular de CO_2 , ou do substrato disponível, a partir desta, pode-se inferir a influência de fatores não estomáticos nos processos fotossintéticos, a exemplo da disponibilidade energética proveniente dos fotossistemas ou mesmo da atividade de enzimas redutoras de oxigênio (ROS) (TAIZ et al., 2017).

Verificando-se que a salinidade ocasionou diferenciação significativa nos valores para as plantas enxertadas no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, na tangerineira ‘Sunki Tropical’, no [TSKC x CTTR – 012], no [TSKC x (LCR x TR) – 040] e no [TSKC x CTARG – 019], onde se nota redução nos valores de E_iC_i quando irrigados com água de 4,8 dS m^{-1} em comparação aos resultados obtidos nas plantas irrigadas com águas de 0,14 ou 2,4 dS m^{-1} (Tabela 5).

Nos demais porta-enxertos, o aumento da salinidade não ocasionou redução significativa nos valores de E_iC_i (Tabela 5), o que pode estar relacionado a efeitos de ordem osmótica, ou seja, os decrementos na fotossíntese observados nas plantas foram oriundos, principalmente, da redução na disponibilidade de água ocasionada pela salinidade, o que reduziu a condutância estomática e a transpiração, como observado.

4.2 Fluorescência da clorofila *a*

O estudo da fluorescência da clorofila *a* é uma das ferramentas mais utilizadas para estudar os efeitos da salinidade e tolerância em plantas, já que a cinética da fluorescência muda em resposta aos fatores ambientes (BAKER, 2008).

Conforme análise de variância disposta na Tabela 6, não se verificou efeitos da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água. De maneira semelhante, não ocorreram diferenças significativas para a fonte de variação porta-enxertos e salinidade quanto as variáveis fluorescência inicial (O), fluorescência transiente J (J), fluorescência